

# 介護予防における体力向上を目的とした 運動プログラムの有効性

## Effectiveness of exercise program on functional improvement of physical fitness and strength in the care prevention.

藤 本 貴 大      本 山      貢  
Fujimoto Takahiro      Motoyama Mitsugi

2006年10月6日受理

### 要約

目的：本研究では自立高齢者の運動器の機能維持と体力向上のために、自宅を中心に実施する総合的な運動プログラムを考案し、その効果と有効性を明らかにすることを目的とした。方法：対象者は医師により運動の許可を得た高齢者51名；72.3±6.5歳(男性12名；76.8±8.1歳、女性39名；70.9±5.3歳)である。運動プログラムは、1日8,000歩を目標にした歩行、Lactate Threshold (以下；LT) に相当する運動強度でのステップ運動、自体重を負荷する筋力トレーニング、バランス能力を必要とする筋トレウォーク、ストレッチ運動で構成した。運動の効果として、有酸素能力、筋力、筋持久力、筋パワー、敏捷性、バランス能力、柔軟性の計11項目で評価した。また、Computed Tomography (以下；CT検査)、空腹時採血を行った。結果：握力を除く全ての体力測定項目で改善し、下肢の筋力や脚伸展パワーの有意な向上、有酸素能力は29.8%の向上が認められた(いずれも $P<0.01$ )。さらに、CT検査により大腿部筋横断面積50%部位で2.3%、大腰筋横断面積で6.0%の有意な増加( $P<0.01$ )、また、血圧の低下とHDL-Cの有意な増加が認められた。まとめ：非監視下でも、音楽のテンポ/分を利用することでステップ運動と筋力トレーニングともに運動強度をコントロールでき安全に実施できた。これにより特定の場所に限定することなく、運動強度を正確に定量化し実施することが非監視下で可能となり、13週間の短期間でも明らかな運動効果が確認できた。以上のことから、本研究で用いた総合的な運動プログラムは高齢者の運動器の機能維持と体力向上に有効であることが明らかとなった。

### I. 緒言

2000年に始まった介護保険制度は、2006年4月に制度改正され、いわゆる要支援・要介護1の「軽度者」を介護予防サービスに振り分け、重度化するのを防ぐ予防重視型システムへと転換した。その特徴的内容としては、「口腔ケア」・「低栄養サービス」・「運動器の機能向上」で、特に「運動器の機能向上」は介護予防の中心的サービスとして位置づけられている。これまで筋力と総死亡リスクとの関係について、筋力が低い者ほど総死亡リスクが高くなるとされていることから、筋力を高く保つことが重要であると考えられる。しかし、高齢者の介護が必要となることの要因としては筋力、筋量の低下だけに限定したものではないのが現状である。高齢者における介護認定の要因は脳血管疾患が最も多く占め、生活習慣病による虚血性心疾患、脳血管疾患、糖尿病、高血圧性疾患の悪化が問題となる。そのため、生活習慣病の重症化を抑制し介護認定率を上げないためにも有酸素能力を高く保つこと、高血圧、肥満等の生活習慣病の改善、冠動脈硬化性疾患等を抑制する有酸素運動が必要である<sup>1)2)</sup>。特に、有酸素能力

は、歩行など日常生活での動的運動を長時間にわたり持続する能力であり、高齢者が自立した生活を営み、生活の質を高く維持するものとして重要視しなければならない<sup>3)</sup>。

すなわち介護予防の本質は、運動機能の向上を目的とした筋力トレーニングとともに有酸素運動を取り入れた運動プログラムを実施することが必要である。さらに高齢者には、整形的な障害や急性心疾患などの危険性が高まるため、安全性に十分な配慮が必要である<sup>4)5)</sup>。これまでの高齢者を対象とした運動介入による効果としては、監視下での特定した場所のみでプログラムの効果を検討した報告が多い。しかしながら、地域住民を対象とした地域支援事業等で地方自治体等が開催する運動教室の場合に特定した場所で、マシンなどの器具を利用した施設利用型によるトレーニング実施では、トレーニング効果を長期間にわたって高く維持するための十分な運動量を確保することが難しく、同時に参加者の運動実施率の低下が予測され運動習慣の定着には結びつきにくいと考える。そこで、介護予防のための運動プログラムは特別な設備投資を必要と

せず、自宅でも運動でき日常生活に取り入れやすく、教室終了後においても運動習慣定着につながるような運動プログラムを提供することが必要である。

そこで本研究では、我々が考案した非監視下でもできる運動プログラム介入によるトレーニング効果を検証していくことで運動プログラムの効果と有効性を検証することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 対象者

歩行時に介助が必要なく、地域に在住する高齢者51名(72.3歳 $\pm$ 6.5)である。その内訳は男性12名(76.8 $\pm$ 8.1歳)と女性39名(70.9 $\pm$ 5.3歳)であった(Table 1)。これらは事前に病歴、血圧測定など医師による問診を受け運動により内科的、外科的に悪化するような疾患を有していないことを確認し、体力測定などの運動の許可を得た者とした。さらに参加者には教室開始に先立ち、研究の目的および体力測定の内容、運動プログラムの安全性について事前に口頭と書面にて説明し同意を得た。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	Whole (n=51)	men (n=12)	women (n=39)
Age	72.3 $\pm$ 6.5	76.8 $\pm$ 8.1	70.9 $\pm$ 5.3
Height (cm)	153.4 $\pm$ 8.1	164.2 $\pm$ 7.9	150.0 $\pm$ 4.5
Weight (kg)	55.8 $\pm$ 8.9	63.9 $\pm$ 9.1	53.4 $\pm$ 7.3
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.7 $\pm$ 3.0	23.6 $\pm$ 2.5	23.7 $\pm$ 3.2
SBP (mmHg)	144.0 $\pm$ 17.6	144.0 $\pm$ 25.1	144.0 $\pm$ 15.0
DBP (mmHg)	76.9 $\pm$ 11.2	77.1 $\pm$ 12.9	76.8 $\pm$ 10.8

Values are means $\pm$ SD.

### 2. 測定項目

#### A. 身長、体重、血圧測定

身長は、事前に健康診断を受診し記録したものを採用し、体重(TANITA製BC-522)および血圧は初回の体力測定時、13週目の最終週の体力測定時に測定した。

#### B. 体力測定

##### (i) 体力測定

教室の第1週、最終13週目に体力測定を実施した。体力測定項目として30秒スクワット運動(CS-30テスト)<sup>6)</sup>、背筋力、握力、30m早歩き、30m普通歩き、10mジグザグ歩行テスト、全身反応時間、長座位体前屈、開眼片脚立ち、脚伸展パワーを実施した。背筋力、握力、長座位体前屈、開眼片足立ちについては文部科学省の新体力テストの方法を利用した<sup>7)</sup>。背筋力、30秒スクワット運動(CS-30テスト)では測定を1回とした。握力、30m早歩き、30m普通歩き、10mジグザグ歩行テスト、長座位体前屈、開眼片脚立ちは測定を2回として、そのうち良い方の記録を採用した。全身反応時間では、測定用マットの上に立ち、前方に設置した測定器のランプが光ったらできるだけすばやくマットから飛び、マットから離れた時間を測定し、練習として2

回行い続けて3回実施した記録の平均値を採用した。30m早歩きテスト、30m普通歩きでは、平坦な場所で30mの直線で早歩きと通常生活で歩く歩行速度を測定した。10mジグザグ歩行テストにおいては、スタートからゴールまでを10mとし、その中心線から左右交互に50cm幅に2m間隔ごとコーンを設置し、早歩きでコーンの外側を通るようできるだけはやく歩いてもらった。また脚伸展パワーにおいては、被験者の体重を負荷としたフットプレートに対して座位姿勢から両脚で前方に最大努力で蹴りだす値を記録した。測定は5回計測し、高い値から2つの平均値を採用した。

##### (ii) ステップ運動強度の設定方法

Ayabe<sup>8)9)</sup>らによるステップテスト法を参考に、最大下運動負荷試験により高さ20cmの台を用いて4つのリズムで昇降運動を行った。ステップ運動負荷試験プロトコルは間欠的多段階負荷法を用いて7段階の負荷を採用した。各段階の負荷時間は4分間、休憩2分とした。第1負荷では40bpm(10回/分)、第2負荷60bpm(15回/分)、第3負荷80bpm(20回/分)、第4負荷90bpm(22.5回/分)、第5負荷100bpm(25回/分)、第6負荷110bpm(27.5回/分)、第7負荷120bpm(30回/分)とした。安静時、各負荷終了時には乳酸測定、心拍数、主観的運動強度(RPE)を測定した。乳酸測定は簡易乳酸測定器(Lactate Pro、アークレイ社)を使用し、耳朶から血中乳酸を測定し、心拍数は耳朶にセンサーを付け計測することができるHEARTBEAT COUNTER(CAT EYE製)を使用し記録した。ステップ負荷テスト中止基準は、血中乳酸値2 mmol/lを超えるか、RPEが15(きつい)いずれかになった時点で中止とした。この試験による血中乳酸値からLactate Threshold(以下;LT)を算出した。LT決定方法としては、Ayabe<sup>8)9)</sup>らにおいて安静時の乳酸値から0.1mmol/l上昇したところをLTとして有酸素能力の評価とする方法を活用してLTを決定し、さらにトレーニングプログラムのステップ運動のテンポ/分を個別に作成した。

#### C. Computed Tomography (以下;CT検査)

測定項目は大腰筋横断面積(mm<sup>2</sup>)と大腿部の筋横断面積(mm<sup>2</sup>)および皮下脂肪面積(cm<sup>2</sup>)、内臓脂肪面積(cm<sup>2</sup>)である。大腿部の測定部位は腸骨稜上縁(右側)部位、大腿部は大転子と果間窩を繋いだ距離の近位70%部位と50%部位とした。それぞれの比較の値として、大腰筋は左右の大腰筋横断面積の和をトレーニング前後で比較し、50%と70%大腿部筋横断面積において、伸筋群は大腿直筋・外側広筋・中間広筋・内側広筋の和を、屈筋群はハムストリング・内転筋・薄筋の和により、伸筋群と屈筋群ともに右左の和で表した。また全部の筋横断面積においても同様に表しトレーニング前後で比較した。

#### D. 血液検査

採血は、空腹時採血を行った。項目は、中性脂肪、TC、HDL-C、LDL-C、空腹時血糖、HbA1cとした。採血の時期はトレーニング前においては事前に運動による可否判定の審査の健康診断時に採血したものを採用し、トレーニング後は教室最終日に採血した。またLDLは、Friedewald推定法から求めた。Friedewald推定法については、 $LDL = TC - HDL - TG / 5$ で求めた。

#### 3. 運動プログラム内容

週1回の運動教室ではステップ運動と自体重を利用した筋力トレーニングを中心とした運動プログラムを実施した。自宅で行う内容は運動教室と同様にステップ運動と筋力トレーニングを中心に行い、トレーニング状況を把握するためトレーニング日誌を作成し参加者自身に実施した内容を毎日記入してもらい毎週教室開催時に回収した。自宅でのトレーニング状況の確認を毎週スタッフが行った。

##### (a) 歩数

13週間の期間中参加者には万歩計 (SUZUKENライフコーダEX) を装着してもらい目標を1日8,000歩とし、毎日歩数を記録してもらった。歩数計はステップ運動や筋力トレーニングなどのトレーニング中においてもそのまま装着してもらった。

##### (b) ステップ運動

自宅でのトレーニングにおいては、ステップ運動負荷テストの結果から、LTに相当するテンポ/分 (bpm) を各参加者に決定し、事前にステップ運動に利用できるように、60bpm・70bpm・80bpm・90bpm・100bpmに調節した音楽を収録したカセットテープ等の中から各参加者の体力に合わせた音楽を貸し出した。ステップ運動で使用する台は20cmを基本とし、個人に合わせて2.5~5cm刻みに調節してトレーニングを行った。

教室で実施する場合は、各参加者によってLTに相当する音楽のテンポ/分は異なる。そのためテンポ/分を統一した状態で、台高を2.5cm刻みで調節することによって各個人に決定した酸素消費量に相当する運動強度に調節し、トレーニングを実施した。ステップ運動によるトレーニングは10分間の実施で1セットとし、1日2セット合計140分/週を目標とした。

##### (c) 筋力トレーニング

下肢のトレーニングを中心に、全て自体重を利用し実施した。トレーニング内容は太ももの持ち上げ、下肢引き上げ (左・右)、スクワット、立位もも上げ (左・右)、脚後部引き上げ (左・右)、横開き脚上げ (左・右)、かかと持ち上げ、おへそのぞき込み、腰持ち上げ、膝をついての腕立て伏せと合計13種類から構成した。トレーニング中は息を吐きながら等速で4秒かけて持ち上げ (力を入れていく)、4秒かけてもとの位置に戻

す (力を抜いていく) という動作を10回繰り返し、1種類10回の動作を1種目とした。13種類の中から8~10種類を選択したものを1セットとし、平均週6セット行うことを目標にした。

##### (d) 筋トレウオーク、ストレッチ運動

筋トレウオークとは前、斜め、横方向にゆっくりと歩く動きで、1つの動作を4秒間かけてバランスを保ちながら行う運動である。筋トレウオークは、①バランスが崩れないように脚を高く上げ太股になるように大きく歩く動作、②片脚を持ち上げバランスを保ちながら歩く動作、③しこを踏むように脚を開き斜め方向にゆっくりと脚と膝を突き出すようにして歩く動作、④股関節を広げ太ももを横に引き上げながら横歩きする動作、⑤脚を持ち上げ身体を捻りながら脚をクロスさせて歩く動作の5種目から成り、これを1日に3種目を選択して行った。

ストレッチ運動はトレーニング前後で行い、立位での15種目、座位または寝て行う10種目の内から8~11種目を選択して行った。



写真：総合運動プログラム

#### 4. 統計処理

全ての測定データは平均値±標準偏差で示した。13週間の運動トレーニング前後の体力測定、CT検査の結果の比較は対応のあるt検定 (paired t-test) を行い、相関関係においてはPearson積率相関係数 (r) を用いた。いずれも危険率5%をもって有意とした。

#### III. 結果

##### a. トレーニングの目標達成度

13週間のトレーニング期間中で、歩数7,222.3±2,707.4歩/日、ステップ運動11.4±4.2セット/週となり目標とする歩数/日、セット/週を達成することはできなかったが、筋力トレーニングにおいては9.5±4.9セット/週と目標とする6セット/週より平均3.5セット/週上回っていた (Table 2)。さらに、目標とするトレーニング頻度を達成できたかを個人別にみると、ステップ運動で13名、筋力トレーニングで36

名、ステップ運動と筋力トレーニングどちらも達成できたものは11名であった。

Table 2. The final result put into practice 13 weeks's training.

	Whole (n=51)
Step Counts (steps/day)	7222.3±2707.4
Bench Stepping Exercise (set/week)	11.4±4.2
Strength Training (set/week)	9.5±4.9

Values are means±SD.

#### b. 体重、BMI、血圧

トレーニング前後での体重、BMIに変化は認められなかった (Table 3)。血圧についてSBPはトレーニング前に比ベトレーニング後で平均-2.7mmHgの低下がみられたが、有意な低下ではなかった。DBPではトレーニング前76.9±11.2mmHgからトレーニング後72.7±10.0mmHgへと平均-4.2mmHgの有意な低下が認められた ( $P<0.05$ )。

Table 3. Physical characteristics of subjects and measured variables.

	Whole (n=51)	
	Pre	Post
Weight (kg)	55.8±8.9	55.8±8.8
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.7±3.0	23.7±3.0
SBP (mmHg)	144.0±17.6	141.3±19.0
DBP (mmHg)	76.9±11.2	72.7±10.0*
30-s Chair Stand Test (times)	17.9±3.7	25.4±4.8**
Back strength (kg)	61.6±25.6	73.8±25.8**
Grasping power (kg)	26.6±7.1	26.8±6.9
Seat body ante flexion (cm)	38.6±7.0	44.7±7.4**
Reaction times (sec)	0.449±0.099	0.415±0.076**
Maximum walking times test (sec)	16.3±3.6	13.9±2.6**
10m zigzag walking (sec)	7.9±1.4	6.6±1.0**
Stand on one leg test (sec)	36.7±36.8	67.9±41.2**
Normal walking times test (sec)	22.6±4.7	19.7±3.7**
Leg extension power (kg)	449.0±235.0	552.6±213.4**
Bench Stepping speed (bpm)	71.0±13.9	92.2±10.8**
Subcutaneous fat (cm <sup>2</sup> )	203.5±72.3	193.3±73.9**
Viscus fat (cm <sup>2</sup> )	157.8±62.9	157.0±61.8
Greater psoas muscle (mm <sup>2</sup> )	1464.5±383.4	1552.3±388.6**
Femurs 70% (mm <sup>2</sup> )	8610.0±1798.9	8693.8±1752.9
Extensor group (mm <sup>2</sup> )	3854.3±798.2	3893.8±753.4
Flexor group (mm <sup>2</sup> )	4799.5±1105.4	4867.8±1071.6*
Femurs 50% (mm <sup>2</sup> )	8908.7±1854.5	9113.1±1807.4**
Extensor group (mm <sup>2</sup> )	4401.5±1038.8	4547.0±1027.6*
Flexor group (mm <sup>2</sup> )	4550.8±983.3	4613.8±947.0
Triglyceride (mg/dl)	106.9±45.5	101.9±46.3
Total Cholesterol (mg/dl)	207.2±36.7	220.0±41.5**
HDL Cholesterol (mg/dl)	51.1±10.0	59.0±13.5**
LDL Cholesterol (mg/dl)	102.7±32.1	110.1±32.9**
Glucose (mg/dl)	90.9±12.1	94.3±15.7
HbA1c (%)	5.2±0.5	5.1±0.6

Values are means±SD. Significant difference between pre and post.  
\*:  $P<0.05$ , \*\*:  $P<0.01$

#### c. 体力測定

11項目の測定のうち、30秒スクワット運動はトレーニング前17.9±3.7回からトレーニング後25.4±4.8回

へと改善率41.9% (Fig.1)、脚伸展パワーはトレーニング前で449.0±235.0kgからトレーニング後552.6±213.4kgへと改善率23.1%と有意に高くなった ( $P<0.01$ )。その他の項目においても、30m早歩きテストは16.3±3.6秒から13.9±2.6秒、10mジグザグ歩行で7.9±1.4秒から6.6±1.0秒、30m普通歩行は22.6±4.7秒から19.7±3.7秒へとトレーニング前に比ベトレーニング後には有意に改善が認められた (いずれも  $P<0.01$ ) (Table 3)。しかし、握力では変化が認められなかった。

ステップ運動負荷テストによるLTに相当するテンポ/分 (bpm) は、トレーニング前において71.0±13.9 bpmであったものがトレーニング後92.2±10.8bpmと改善率29.8%となり、有意な変化が認められた ( $P<0.01$ )。

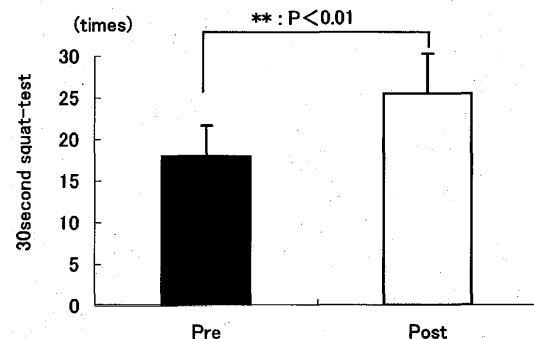


Fig.1. Effects of training for 13weeks on 30second squat-test.

#### d. 血液検査

HDL-C (Fig.2) と LDL-C はいずれも有意に増加し、TCにおいても有意な増加が認められた (いずれも  $P<0.01$ )。さらに、TG、空腹時血糖、HbA1cは有意な変化を示さなかった。

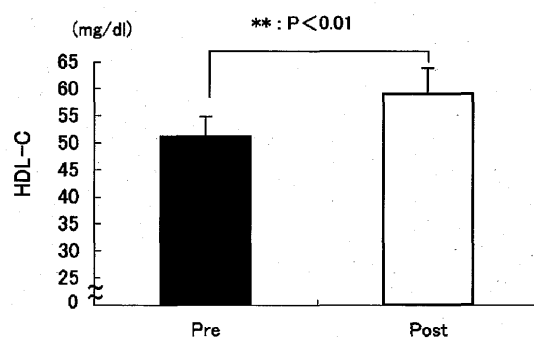


Fig.2. Effects of training for 13weeks on High Density Lipoprotein Cholesterol.

#### e. CT検査

皮下脂肪横断面積は、トレーニング期間前後で-5.0%の有意な減少が認められた ( $P<0.01$ )。一方で、内臓脂肪横断面積においては変化が認められなかった。大腰筋横断面積では、6.0%の有意な増加が認められた ( $P<0.01$ ) (Fig.3)。大腿部70%筋横断面積全部においてはトレーニングによる有意な変化は認められ

なかったが、伸筋群・屈筋群での結果については伸筋群には変化はなかったが、屈筋群で1.4%の有意な増加が認められた ( $P<0.05$ )。大腿部50%筋横断面積においては、全部で2.3%の有意な増加が認められた ( $P<0.01$ )。また、伸筋群・屈筋群では、伸筋群で3.3%の有意な増加 ( $P<0.05$ )、屈筋群では1.4%の増加傾向がみられた ( $P=0.092$ )。

また、筋の改善率とトレーニング頻度および時間(ステップ運動、筋力トレーニング、ステップ運動+筋力トレーニング)との関係についてPearson積率相関係数( $r$ )を用いて分析した結果、大腰筋、大腿部の各部位とも相関関係は認められなかった。

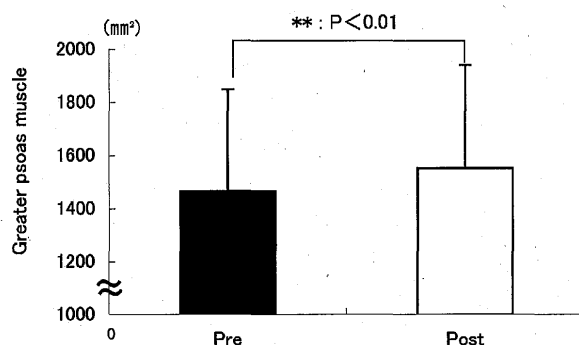


Fig.3. Effects of training for 13weeks on Greater psoas muscle area.

#### IV. 考察

本研究は、LTに相当するステップ運動と自体重のみを利用した簡易な筋力トレーニングを組み合わせ、比較的低い強度での運動プログラムであった。その結果、体力測定で筋力の向上、CT検査により筋横断面積の増加が認められた。さらに、HDL-Cの増加や降圧効果を認めた。

厚生省(現;厚生労働省)の運動所要量では、60歳以上に対して140分/週を推奨している。今回の参加者は、ステップ運動のみではこれに達することはできなかったが、筋力トレーニング1セットが10分以上の時間が必要である。つまり、ステップ運動1セット10分と筋力トレーニング8種目を1セット10分としても、平均209分/週と運動所要量を大きく上回る結果となった。本研究では、完全な監視下での運動様式を採用することなく、週1回の運動教室と自宅中心による運動プログラムを合わせて実施した。非監視下では、トレーニング強度やトレーニング様式をコントロールすることが困難であるが、ステップ運動では、音楽を利用することで個人別にLTに相当する昇降テンポでコントロールし、筋力トレーニングでも同様に音楽に合わせて一定のリズムでのトレーニングに調節していた。このことにより、運動強度を正確に定量化し実施することが非監視の下でも可能となった。そのため、特定の場所に限定することなく過当たりの運動量の確保が可能となったと考える。

LTに相当する強度の有酸素運動は、高血圧<sup>10)</sup>や高脂

血症<sup>11)</sup>そして糖尿病<sup>12)</sup>において推奨されている運動であり、疾病などを有していない高齢者においても安全性に優れ、身体的効果が期待できることが明らかとなっている<sup>13)</sup>。さらに血圧に対して、継続的な有酸素運動が大動脈の進展性低下やコンプライアンスを改善する。このことは脳卒中、心筋梗塞罹患率の低下に繋がる。Motoyamaら<sup>14)</sup>は薬を服用している高血圧症患者、Ishikawaら<sup>15)</sup>は軽症高血圧患者に3ヶ月間のLT強度での有酸素運動を実施し降圧効果を認めている。これは本研究で用いたステップ運動でも、SBPで平均-2.7mmHg、DBPは平均-4.2mmHgと低下し、本研究の運動プログラムにおいても降圧効果が期待できることが明らかとなった。

体力測定においては、筋力、筋持久力、筋パワー、敏捷性、バランス能力、柔軟性を評価した。高齢者のトレーニングによる筋力の改善効果については、1RMの40%や自体重のみでの低負荷トレーニングにおいても効果が認められている<sup>16)17)18)</sup>。すなわち、日常生活における筋発揮水準より過負荷にすることで十分な改善効果が期待できる。本研究では握力以外の全ての体力測定項目で改善を認め、筋力の向上に有効な負荷であったことを確認することができた。筋力と筋持久力は日常生活活動の遂行能力に関わるものである。また脚伸展パワーは、転倒時など瞬時的な身体の保持能力に有効な指標であると考えられる<sup>19)20)</sup>。本研究で得られた筋力、筋持久力や脚伸展パワーの改善は、日常生活動作や歩行能力の改善にも影響している可能性が示唆された。

田中<sup>21)</sup>はトレーニング期間3ヶ月で、61~73歳の高齢者14名(男性2名、女性12名)を対象としたLT強度でのステップ運動を1日30分、3~5回/週を目標に実施し、LTは25.0%の有意な増加を認めたと報告している ( $P<0.05$ )。本研究では、ステップ運動負荷試験により算出したトレーニング前後でのLTに相当するステップ運動のテンポ/分は、29.8%の有意な増加を示していた。ステップ運動は個人にあった最適運動強度を非監視下でもコントロールしやすく、短期間で顕著な有酸素能力の改善効果が期待できる有効なトレーニング方法であることが確認できた。

今回の結果については、下肢筋力の増加が顕著であった。しかし、これが神経性因子によるものか筋肥大を伴う筋力の増加であるかを検証するためCT検査を実施した。その結果、大腰筋、大腿部70%部位屈筋群、大腿部50%部位全部・伸筋群での筋横断面積で有意な増加が認められた。大腰筋は、骨盤と股関節を支持・安定化させる役割と股関節屈曲の主動筋として働く。金ら<sup>22)</sup>は筋量と歩行速度とを検証した結果、歩行機能の低下抑制には筋群の中でも大腰筋の筋量維持が最も重要であることを示している。Masudaら<sup>23)</sup>においても、階段での昇降速度との関係について大腰筋の重

要性を示し、さらに大腿四頭筋とも有意な関係があることを示している。中・高齢者に最も手軽にできる運動としてウォーキングが広く普及している。ウォーキングは有酸素運動の代表的なもので、肥満や循環器疾患などの予防に効果的であり生活習慣病予防の観点からは有効である。しかし、石黒ら<sup>24)</sup>高橋ら<sup>17)</sup>は、高齢者を対象に歩行運動のみでは筋横断面積の筋萎縮を抑制することはできなかったことを報告している。今回、どのトレーニング種目が筋横断面積の肥大に有効であったかを検討したが断定することはできなかった。つまり今回の運動プログラムは、ステップ運動で20cmの台への昇る動作、簡易な自体重での筋力トレーニングでも下肢の引き上げ動作を取り入れたことから、総合的な運動により筋横断面積に有効なトレーニング効果が認められたと考える。また、皮下脂肪・内臓脂肪横断面積については、皮下脂肪横断面積で有意な減少が、内臓脂肪横断面積において変化は認められなかった。運動での体脂肪量の減少として、内臓脂肪、皮下脂肪のどちらが減少しやすいかについては内臓脂肪においての減少が優性である可能性が考えられている。運動による有効性としてTothら<sup>25)</sup>は、皮下脂肪の減少は運動による過当たりの平均エネルギー消費量との間で強い関係を示すことを報告し、運動による有効性を示している。またRossら<sup>26)</sup>においても、エネルギー消費量と体脂肪変化量との間には有意な相関を認めているが( $r = -0.76$ ,  $P < 0.0001$ )、特に内臓脂肪面積に与える影響については運動介入前の内臓脂肪蓄積量が内臓脂肪の減少効果に強く関与していることを示している。このことから、本研究の参加者のトレーニング前の内臓脂肪量が少なかったことが、トレーニング後の有意な変化を認めなかった1つの要因であると考えらる。

本研究でのトレーニング13週間でHDL-Cの有意な増加が認められた。運動による血清脂質に関する包括的レビューをしたLeonら<sup>27)</sup>の報告によると、過去30年間の成人男女を対象にした12週間以上の有酸素運動を実施した51の報告から、最も多く共通して認められた効果はHDL-Cの増加であり、51の報告のうち24の報告(47%)で認められている。この多くのトレーニングプログラムの報告による運動強度は、中強度から高強度での実施で、1回のトレーニングが30分以上かなり頻度が3回/週以上での実施が多い。その中で、本研究のステップ運動と同程度の運動強度であるLT強度で実施したMotoyamaら<sup>28)</sup>、50%VO<sub>2</sub>max強度で実施したSunami<sup>29)</sup>らにおいてもHDL-Cの有意な増加を認めている(それぞれ $P < 0.001$ ,  $P < 0.05$ )。しかしながら、Motoyamaら<sup>28)</sup>は3ヶ月後では変化はなく、6~9ヶ月の長期的な実施が必要であると述べている。これは本研究による3ヶ月間でしかも比較的低強度においてHDL-Cの改善に有効であったことはプログラ

ムの有効性を強調できる1つである。一方で、LDL-Cの有意な増加も認められていた。LDL-CについてLeonら<sup>27)</sup>は有意な減少が期待できるとしているが、それには有酸素運動と食事療法を同時に併用した場合に期待できるとしている。本研究は、運動介入のみで食事についての指導等の介入はなく今後の課題となった。有酸素運動は、骨格筋におけるグルコースの取り込みへの亢進や筋タンパク量の増加によりGLUT-4の上昇が生じることでインスリン感受性を促進させるなど長期的な全身代謝活性を改善できるとされている<sup>30)31)</sup>。本研究においてトレーニング前後のグルコース、HbA1cは変化しなかった。今回の参加者においては正常な血糖レベルであったことからトレーニングによる糖代謝に影響する明確な変化が認められなかったと考える。

以上のことから、本研究による運動プログラムは、高齢者の介護予防対策として十分な運動効果が確認でき、さらに非監視の下でも行うことができ、運動習慣の定着に繋がる有効性の高い運動プログラムであることが明らかとなった。

#### 参考文献

- 1) Kohl, H. W., III. Physical activity and cardiovascular disease: evidence for a dose response. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, (2001), Vol.33, No.6, 472-483.
- 2) Fagard, R. H. Physical activity in the prevention and treatment of hypertension in the obese. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, (1999), Vol.31, No.11, 624-630.
- 3) 田中宏暁. 高齢者の有酸素能力とその測定法, 体力科学, (2003), Vol. 52, 39-46.
- 4) 鯉坂隆一. 筋力トレーニングと高齢者の血圧反応, 体育の科学, (2005), Vol.55, No.8, 603-607.
- 5) Graeme, L. C., Anna, K., Aphrodite Vasilali and Anne McArdle. Skeletal Muscle Damage with Exercise and Aging. *Sports Med*, (2005), Vol.35, 413-427.
- 6) 中谷敏昭, 灘本雅一, 三村寛一, 廣藤代子, 近藤純子, 鞆本佳代, 伊藤稔. 30秒椅子立ち上がりテスト(CS-30)成績の加齢変化と標準値の作成. *臨床スポーツ医学*, (2003), Vol.20, 349-355.
- 7) 文部科学省. 新体力テスト-有意義な活用のために-第4版. ぎょうせい, 東京, (2004).
- 8) Ayabe, M., Yahiro, T., Ishii, K., Kiyonaga, A., Shindo, M., Tanaka, H. Validity and Usefulness of the Simple Assessment of Lactate Threshold in Younger Adults. *International Journal of Sport and Health Science*, (2004), Vol.2, 84-88.
- 9) Ayabe, M., Yahiro, T., Mori, Y., Takayama, K., Tobina, T., Higuchi, H., Ishii, K., Sakuma, I., Yoshitake, Y., Miyazaki, H., Kiyonaga, A., Shindo, M., Tanaka, H. Simple Assessment of Lactate Threshold by Means of the Bench Stepping in Older Population. *International Journal of Sport*

- and Health Science, (2003), Vol.1, 207-215.
- 10) 高血圧治療ガイドライン. (2004), 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会編, ライフサイエンス出版, 22-27.
- 11) 高脂血症治療ガイド. (2004), 日本動脈硬化学会編, 南山堂, 30-32.
- 12) 糖尿病治療ガイド. (2004-2005), 日本糖尿病学会編, 文光堂, 37-39.
- 13) 運動処方指針. 運動負荷試験と運動プログラム, 原著第6版, アメリカスポーツ医学会編, 南江堂, 224-230.
- 14) Motoyama, M., Sunami, Y., Kinoshita, F., Kiyonaga, A., Tanaka, H., Shindo, M., Irie, T., Urata, H., Sasaki, J., Arakawa, K. Blood pressure lowering effect of low intensity aerobic training in elderly hypertensive patients. *Medicine&Science in Sport&Exercise*, (1998), Vol.30, 818-823.
- 15) Ishikawa-Tanaka, K., Ohata, T., Tanaka, H. How much exercise is required to reduce blood pressure in essential hypertensives: a dose-response study. *Am J Hypertens*, (2003), Vol.16, 629-633.
- 16) Pruitt, L. A., Taaffe, D. R., and Marcus, R. Effects of a One-Year High-Intensity Versus Low-Intensity Resistance Training Program on Bone Mineral Density in Older Women. *Journal of Bone and Mineral Research*, (1995), Vol.10, No.11, 1788-1795.
- 17) 高橋康輝, 久野譜也. 高齢期における筋萎縮とトレーニング. *体育の科学*, (2005), Vol.55, 608-613.
- 18) Tracy, B. L., Roger, M. E. Steadiness Training with Light Loads in the Knee Extensors of Elderly Adults. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, (2006), Vol.38, No.4, 735-745.
- 19) Petrella, J. K., Kim, J., Tuggle, S. C., Hall, S. R., and Bamman, M. M. Age differences in knee extension power, contractile velocity, and fatigability. *J Appl Physiol*, (2005), Vol.98, 211-220.
- 20) Bassey, E. J., Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Kelly, M., Evans, W. J., Lipsitz, L. A. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science*, (1992), Vol.82, 321-327.
- 21) 田中宏暁. 有酸素能力に関する研究. 文部科学省科学技術振興調節費「高齢者の生活機能・増進と社会参加を促進する地域システムに関する研究」. 46-56.
- 22) 金俊東, 大島利夫, 馬場紫乃, 安田俊広, 足立和隆, 勝田茂, 岡田守彦, 久野譜也. 長期間トレーニングを継続している高齢アスリートの筋量と歩行能力の特徴. *体力科学*, (2001), Vol.50, 149-158.
- 23) Masuda, K., Kim, J., Tanabe, K., Kuno, S. Determinants for Stair Climbing by Elderly from Muscle Morphology. *Perceptual and Motor Skills*. (2002), Vol.94, 814-816.
- 24) 石黒憲子, 宮谷昌枝, 金久博昭, 久野譜也, 福永哲夫. 高齢者における日常生活での歩数と踵骨強度および下腿筋厚との関係. *体力科学*, (2003), Vol.52, 127-132.
- 25) Toth, M. J., Travis, B., and Eric, T. P. Physical activity and the progressive change in body composition with aging: current evidence and research issues. *Medicine&Science in Sport&Exercise*, (1999), Vol.31, No.11, 590-596.
- 26) Ross, R., and Janssen, L. Physical activity, total and regional obesity: dose-response considerations. *Medicine&Science in Sport&Exercise*, (2001), Vol.33, No.6, 521-527.
- 27) Leon, A. S., and Sanchez, O. A. Response of blood Lipids to exercise training alone or combine with dietary intervention. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, (2001), Vol.33, No.6, 502-515.
- 28) Motoyama, M., Sunami, Y., Kinoshita, F., Irie, T., Sasaki, J., Arakawa, K., Kiyonaga, A., Tanaka, H., and Shindo, M. The effects of long-term low intensity aerobic training and detraining on serum lipid and lipoprotein concentrations in elderly men and women. *Eur.J.Appl.Physiol*, (1995), Vol.70, 126-131.
- 29) Sunami, Y., Motoyama, M., and Kinoshita, F., Mizooka, Y., Matsunaga, A., Sasaki, J., Tanaka, H., Shindo, M. Effects of low intensity aerobic training on high-density lipoprotein cholesterol concentration in healthy elderly subjects. *Metabolism*, (1999), Vol.48, 984-988.
- 30) Borghouts, L. B., Keizer, H. A. Exercise and Insulin Sensitivity: A Review, *Int J Sports Med*, (2002), Vol.21, 1-21.
- 31) Kelley, D. E., and Goodpaster, B. H. Effects of physical activity on insulin action and glucose tolerance in obesity. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, (1999), Vol.31, No.11, 619-623.